

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 02 MAY 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 01 265.6

Anmeldetag: 15. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Anordnung zum Routing von Daten-
paketen in einem paketvermittelnden Datennetz

IPC: H 04 L 12/56

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 4. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

derf

Ebt



Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Routing von Datenpaketen in einem paketvermittelnden Datennetz

5

Die Erfindung betrifft Verfahren nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 4 und 7 und einen Netzknoten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 18.

10 Zum Routing bzw. zur Leitweglenkung bzw. zur Übertragung von Datenpaketen mit einer Zieladresse, wie beispielsweise Internet Protocol Pakete, kurz IP-Pakete, oder Protokoll Data Units, kurz PDUs, von einem Sender zu einem Empfänger in einem mehreren Netzknoten, wie beispielsweise Router, Switches oder Gateways, aufweisenden paketvermittelnden Datennetz, wie beispielsweise Internet Protocol Netze, kurz IP-Netze, oder Open System Interconnect Netze, kurz OSI-Netze, werden verschiedene Routingverfahren eingesetzt. Das Routing bestimmt, auf welchem Weg die Datenpakete vom Sender zum Empfänger gelangen.

15

20 Bekannte Routingverfahren sind das statische, halbdynamische oder dynamische Routing, die unter anderem durch Protokolle wie RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First) oder EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) für IP-Netze oder dem IS-IS Routing nach ISO 10589 für OSI-Netze verwirklicht werden.

25

Bei diesen Protokollen werden die Datenpakete meist über den kürzesten oder effektivsten Weg vom Sender zum Empfänger übertragen. Alternativwege werden dabei nur im Fehlerfall berechnet bzw. ermittelt und verwendet.

30

Um eine höhere Ausfallsicherheit bei der Übertragung von Datenpaketen zu erreichen, wird das sogenannte Multipath Routing bzw. Mehrwege Weiterleitung verwendet. Dabei werden aufeinanderfolgende Pakete oder Gruppen von Paketen, sogenannte

35

Flows, entsprechend einer festgelegten Verkehrsverteilung, die durch jeweils vergebene Verkehrsverteilungsgewichte bestimmt wird, über verschiedene bzw. mehrere Wege vom Sender zum Empfänger übertragen.

5

Die Verkehrsverteilungsgewichte legen die Verkehrsbelastung pro Weg für eine Zieladresse fest. Das Verkehrsverteilungsgewicht ist üblicherweise ein Wert zwischen 0 und 1, wobei 0 für keinen Verkehr und 1 für maximalen Verkehr auf einer Verbindung bzw. einem Weg steht. Ein Verkehrsverteilungsgewicht von 1 bedeutet, dass alle Pakete über diesen Weg gesendet werden. Beim Multipath Routing, bei dem mehrere Wege zur Verfügung stehen, wird der Verkehr anhand der Gewichte aufgeteilt. Die Summe der Verkehrsverteilungsgewichte zu einem Ziel in einem Knoten ergibt dementsprechend 1, d.h. 100% des Verkehrs. Auch andere Wertesysteme können für die Verkehrsverteilung verwendet werden, beispielsweise Prozentangaben zwischen 0% und 100%.

20

Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Besitzt ein Netzknoten bzw. ein Router beispielsweise drei Wege zu einem Ziel, so kann der Verkehr über alle drei Wege gleichmäßig aufgeteilt werden. Jeder Weg würde dann ein Verkehrsverteilungsgewicht von etwa 0,33 erhalten. Damit würde je ein Drittel aller Pakete oder Flows über jeweils einen Weg gesendet werden. Auch andere Verteilungen sind möglich, beispielsweise 0,5 für den ersten, 0,3 für den zweiten und 0,2 für den dritten Weg. Mit dieser Verteilung werden 50% der Pakete über den ersten Weg, d.h. jedes zweite Paket wird über diesen Weg weitergeleitet, 30% der Pakete über den zweiten Weg und 20% der Pakete über den dritten Weg gesendet. Die Verteilung kann je nach gewünschtem Verkehrsfluss, nach Auslastung der Verbindungen, Entfernungen pro Link, Anzahl der Knoten zum Ziel oder nach anderen Kriterien festgelegt werden.

35

Multipath bzw. Mehrwege Routing heißt, dass in den Netzknoten mehr als einer und somit zumindest ein Alternativweg zum Ziel

zur Verfügung steht, damit eine schnelle lokale Reaktion auf Linkausfälle möglich ist. Dazu muss sichergestellt werden, dass a) tatsächlich mehr als ein Weg zum Ziel zur Verfügung steht und b) die Verkettung der Mehrfachwege zwischen den

5 Netzknoten und über mehrere Netzknoten hinweg nicht zu Schleifen führt. Routing-Schleifen führen zum Kreisen von Paketen im Netz. Kreisende Pakete erhöhen die Belastung der Links und Netzknoten im Datennetz, verringern damit auch die Transportkapazität des Netzes und führen zu erheblichen unnötigen Paketverzögerungen oder zu Paketverlusten.

10 Die Bedingungen a) und b) sind insoweit gegenläufig, als die Vermeidung von Routing-Schleifen häufig zu einer Einschränkung der zu einem Ziel hin möglichen und nutzbaren Multipath 15 Wege bzw. Pfade führt.

20 Dies soll durch ein Beispiel verdeutlicht werden. Figur 1 zeigt eine Anordnung eines Teiles eines paketvermittelnden Datennetzes, beispielsweise ein Internet Protokoll (IP) Netz, bestehend aus drei Netzknoten R1, R2, R3, wie Router, Switches, Gateways oder anderen gleichartigen Schalteinrichtungen, die jeweils über Verbindungen bzw. Links L12, L13, L32 miteinander verbunden sind. Die Netzknoten R1 und R3 haben Verbindungen zu einem nicht dargestellten Teil des Datennetzes, über die sie Datenpakete erhalten. Diese Datenpakete 25 sind für ein Ziel D bzw. für einen zugehörigen Zielknoten bestimmt, der am Netzknoten R2 angeschlossen ist und nur über diesen erreicht werden kann.

30 Vom Netzknoten R1 empfangene Datenpakete für das Ziel D werden über die Verbindung L12 zum Netzknoten R2 gesendet und an das Ziel D weitergeleitet. Ebenso werden vom Netzknoten R3 empfangene Datenpakete für das Ziel D über die Verbindung L32 zum Netzknoten R2 gesendet und an das Ziel D weitergeleitet.

35

Im weiteren werden Pakete betrachtet, die über den Netzknoten bzw. Router R1 und die Verbindung L12 zum Netzknoten bzw.

Router R2 gesendet werden, um vom Netzknoten R2 zu ihrem Ziel D weitergeleitet zu werden. Dabei ist es unerheblich, ob es für diese Pakete außer dem Weg über den Netzknoten R1 auch andere Wege durch das betrachtete Netz gegeben hätte. In dem 5 Moment, da ein Paket beim Netzknoten R1 angekommen ist und an den Netzknoten R2 weitergeleitet werden soll, tritt folgendes Problem auf: Bei normalem, sogenannten Shortest-Path-Routing würde der Netzknoten R1 Pakete zum Netzknoten R2 immer über die Verbindung L12 und der Netzknoten R3 Pakete zum Netzknoten R2 immer über die Verbindung L32 weiterleiten. Die Routing-Tabellen bezüglich der Weiterleitung von Paketen, welche 10 die Zieladresse D tragen, wären also:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten
D	R2

15

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten
D	R2

Um den jeweiligen Knoten eine schnelle lokale Reaktion auf Linkausfälle zu ermöglichen, würden sich beim Multipath Routing bzw. bei der Mehrwege-Weiterleitung die folgenden Alternativwege anbieten: Der Netzknoten R1 könnte Pakete zum Netzknoten R2 zunächst auch über die Verbindung L13 zum Netzknoten R3 weiterleiten, wenn sie von dort über die Verbindung L32 zum Netzknoten R2 weitergegeben werden. Ebenso könnte der 20 Netzknoten R3 Pakete zum Netzknoten R2 über die Verbindung L13 an den Netzknoten R1 weiterleiten, wenn sie von dort über die Verbindung L12 zum Netzknoten R2 weitergegeben werden. Die Routing-Tabellen wären dann, einschließlich der Verkehrsverteilungsgewichte p_1 und p_3 , für die Alternativwege: 25

30

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	$1-p_1$

D	R3	p_1
---	----	-------

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	$1-p_3$
D	R1	p_3

Würden bei rein zielbasierter Weiterleitungsentscheidung die-
 5 se Routing-Tabellen verwendet, dann stellte sich mit der
 Wahrscheinlichkeit p_1p_3 der Fall ein, dass beispielsweise ein
 Paket vom Netzknoten R1 auf dem Weg zum Netzknoten R2 erst
 über die Verbindung L13 zum Netzknoten R3 und anschließend
 wieder vom Netzknoten R3 über die Verbindung L13 zum Netzkno-
 10 ten R1 weitergeleitet würde. Mit der Wahrscheinlichkeit
 $(p_1p_3)^2$ würde dies einem Paket zweimal hintereinander passie-
 ren. Die Wahrscheinlichkeit für ein n-maliges Hin- und Her-
 schicken eines Paketes wäre $(p_1p_3)^n$. Somit wäre die Weiterlei-
 tung von Paketen vom Netzknoten R1 nach Netzknoten R2 nicht
 15 schleifenfrei realisiert.

Bei den beiden derzeit verfügbaren Multipath Routing Mecha-
 nismen Equal Cost Multipath, kurz ECMP, beim OSPF Protokoll
 und Unequal Cost Multipath Routing, kurz UCMR, beim EIGRP
 20 Protokoll von CISCO ist die Auswahl der Alternativwege zu ei-
 nem Ziel dadurch stark eingeschränkt, dass trotz rein zielba-
 sierter Weiterleitung der Pakete Schleifen immer vermieden
 werden müssen. Bei den Mechanismen ECMP bzw. UCMR sind im
 Beispiel von Figur 1 die Alternativwege von Netzknoten R1
 25 nach Netzknoten R2 über Netzknoten R3 und von Netzknoten R3
 nach Netzknoten R2 über Netzknoten R1 nicht erlaubt bzw. die
 Verbindung L13 darf nicht verwendet werden.

Ein Verfahren, das im oben beschriebenen Fall die Verwendung
 30 von Ersatzwegen ermöglicht, ist das Multiprotocol Label Swit-
 ching, kurz MPLS. Hierbei müssen allerdings netzweit Zustände
 gehalten werden, welche die Pfade bzw. Routen definieren, auf
 denen Pakete durch Umgehen des IP-Routings durch das Netz ge-

leitet werden sollen. Die Netzknoten leiten Pakete hierbei nicht mehr anhand der Ziel-IP-Adressen weiter, sondern es wird jedem Paket am Netzeingang eine Bitfolge vorangesetzt, ein sogenanntes Label, das dann in jedem Netzknoten ausgewertet wird. Der Zusammenhang zwischen Label und Pfaden muss bei der Inbetriebnahme des Netzes hergestellt werden. Jedes Paket muss am Netzeingang mit einem Label versehen werden und das Label muss am Netzausgang wieder entfernt werden. Außerdem werden lokal zusätzliche Mechanismen benötigt, um Pakete auf einen Ersatzpfad umzulenken, wenn der ursprünglich vorgesehene Pfad ausfällt.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, ein Verfahren und eine Anordnung zum Routing, insbesondere Multipath Routing, von Datenpaketen in einem paketvermittelnden Datennetz in der Weise zu verbessern, dass für die Übertragung im Bedarfsfall Ersatzwege unter weitgehender Vermeidung von Schleifen genutzt werden.

Die Lösung der Aufgabe ergibt sich erfindungsgemäß durch die Merkmale der Verfahrensansprüche 1, 4 oder 7 bzw. durch die Merkmale des Anordnungsanspruchs 18.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, in Fällen wie dem beschriebenen Beispiel gemäß Figur 1, von der Verkehrsverteilung abzusehen und stattdessen den Netzknoten lokal ausführbare Regeln zu geben. Das Verkehrsverteilungsgewicht für die kritischen Alternativpfade, also den potentiellen Schleifen, wird auf den minimalen Wert, d.h. auf Null gesetzt. Die Pfade werden aber in der Routing-Tabelle geführt und als sogenannte "Joker-Links" bezeichnet. Außerdem verwenden die Knoten nun die Regel, dass sie die mit dem minimalen Verkehrsverteilungsgewicht versehenen Links nur dann verwenden, wenn der gewünschte Nachbar-Router bzw. Next Hop über keinen anderen Weg mehr erreichbar ist, der ein positives Gewicht hat. Diese einfache Erweiterung des Prinzips der rein zielbasierten Mehrwege-

Weiterleitung von Paketen behebt das Problem der kreisenden Pakete, solange nur ein Link ausfällt.

Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass insbesondere 5. beim Multipath oder Mehrwege Routing ein Ersatzweg zur Verfü- gung gestellt werden kann, wobei keine Pakete im Netz krei- sen. Das Verfahren arbeitet dabei ohne Berücksichtigung der Ursprungsadresse von Paketen und ohne netzweite Zustandsin- formationen.

10 Vorteilhafte Weiterbildungen der Verfahren sind in den Unter- ansprüchen angegeben.

15 Dabei wird beispielsweise das Verkehrsverteilungsgewicht bei Ausfall der primären Verbindung für den bzw. die Ersatzweg(e) erhöht, so dass nun der Ersatzweg der neue Hauptweg ist. Gleichzeitig wird, falls möglich, wenigstens ein neuer Er- satzweg ermittelt, der dann das minimale Verkehrsverteilungs- gewicht (Null) erhält. Dies hat den Vorteil, dass die Routing- 20 Tabellen in den Netzknopen nicht zu groß werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dar- gestellt und werden im folgenden beschrieben.

25 Dabei zeigen:

Figur 1 eine erste Anordnung zur Durchführung des erfindungs- gemäßen Verfahrens,

30 Figur 2 eine zweite Anordnung zur Durchführung des erfin- dungsgemäßen Verfahrens,

35 Figur 3 eine dritte Anordnung zur Durchführung des erfin- dungsgemäßen Verfahrens,

Figur 4 eine vierte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 5 eine Anordnung eines erfindungsgemäßen Netzknotens

5 Figur 1 zeigt die bereits einleitend beschriebene Anordnung eines Teiles eines paketvermittelnden Datennetzes.

10 Ausgehend von der dort beschriebenen Vorgehensweise ergeben sich nun für das erfindungsgemäße Verfahren die folgenden Einträge für das Ziel D in den Routing-Tabellen der Netzknoten R1 und R3:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R3	0

15

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R1	0

20 Ein Paket, das am Netzknoten R1 zur Weiterleitung zum Ziel D ankommt, wird im Normalfall immer über die Verbindung L12 direkt an den Netzknoten R2 weitergegeben. Nur wenn der Netzknoten R1 feststellt, dass die Verbindung L12 ausgefallen ist, wird beispielsweise lokal das Verteilungsgewicht geändert, und weitere Pakete zum Ziel D werden an den Netzknoten R3 weitergegeben. Die Eintrag in der Routing-Tabelle des Netzknoten R1 wären dann dementsprechend:

25 In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1

Der Netzknoten R3 wiederum leitet die Pakete nur direkt über die Verbindung L32 an den Netzknoten R2 weiter, da er nach derselben Regel nur den Eintrag für das Ziel D in seiner Routing-Tabelle verwendet, der ein positives Gewicht trägt.

5

Nur wenn der Netzknoten R2 ausfällt bzw. beide Verbindungen L12 und L32 ausfallen können in diesem Beispiel Pakete für das Ziel D zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R3 hin- und hergesendet werden. In diesem Fall ist allerdings das Ziel D 10 aus dem Netz heraus auch nicht mehr erreichbar.

Figur 2 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 1 mit der Maßgabe, dass zwei weitere in Serie geschaltete Netzknoten bzw. Router R4 und R5 einen Pfad von Netzknoten R1 zu Netzknoten R2 ermöglichen, nämlich ausgehend vom Netzknoten R1 über die Verbindung L14 zum Netzknoten R4, von diesem über die Verbindung L45 zum Netzknoten R5 und von diesem wiederum mittels der Verbindung L52 zum Netzknoten R2.

20 Die Routing-Tabelle im Netzknoten R4 enthält für das Ziel D einen Eintrag zum Netzknoten R5 und dieser entsprechend einen Eintrag zum Netzknoten R2:

In Knoten R4:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R5	1

25

In Knoten R5:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1

Der Pfad über Netzknoten R4 und Netzknoten R5 könnte als Ersatzweg nach dem Umschalte- bzw. Umroutvorgang im Netzknoten 30 R1, für den Fall, dass die Verbindung L12 bereits ausgefallen ist, ermittelt bzw. berechnet werden. Die Einträge in der

Routing-Tabelle des Netzknotens R1 wären dann dementsprechend:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R4	0

5

Analog würde ein Paket für den Fall, dass die Verbindung L13 zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R3 ausfällt, nun von Netzknoten R1 über Verbindung L14 zum Netzknoten R4 und von dort über Verbindung L45, Netzknoten R5, Verbindung L52 zum Netzknoten R2 weitergeleitet werden, wo es wiederum zum Ziel D gesendet wird.

10

Figur 3 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 1 mit der Maßgabe, dass vom Netzknoten R1 eine Verbindung L16 zu einem Netzknoten R6 verläuft und von diesem eine Verbindung L62 zum Netzknoten R2.

Die Routing-Tabelle im Netzknoten R6 entspricht in analoger Weise der im Netzknoten R3 und wird hier nicht aufgeführt.

20 In diesem Beispiel ist die Verbindung L12 die primäre Verbindung, die durch zwei Ersatzwege, jeweils über Netzknoten R3 bzw. Netzknoten R6, gesichert ist. Beide Ersatzwege sind in der Routing-Tabelle des Netzknoten R1 eingetragen:

25

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R3	0
D	R6	0

Fällt die Verbindung L12 aus, werden die Pakete über einen der beiden Netzknoten R3 bzw. R6 oder wahlweise, beispielsweise abwechselnd, über beide Netzknoten bzw. Ersatzwege übertragen. Zudem könnte, falls vorhanden, ein weiterer Er-

satzweg berechnet werden, analog dem Beispiel zu Figur 2. Ebenso können die Verkehrsverteilungsgewichte neu vergeben werden, beispielsweise zu:

5 Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,5
D	R6	0,5

für die Nutzung beider Ersatzwege, oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R6	0

10

für die Nutzung eines einzigen Ersatzweges, nämlich den über den Netzknoten R3.

15 Figur 4 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 2 und Figur 3 mit der Maßgabe, dass neben den Netzknoten R4, R5 und R6 nebst zugehörigen Verbindungen entsprechend Figur 2 und 3, drei weitere zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R2 in Serie geschaltete Netzknoten R7, R8, R9 mit zugehörigen Verbindungen L17, L78, L89 und L92 vorgesehen sind.

20 Die Routing-Tabellen in diesen Netzknoten entsprechen in analoger Weise dem vorher Gesagten.

25 In diesem Fall wird der Verkehr zum Ziel D im Netzknoten R1 über mehrere Wege aufgeteilt (Multipath Routing bzw. Mehrwege Routing), entsprechend folgender Routing-Tabelle im Netzknoten R1:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	0,5
D	R3	0,3
D	R6	0,2
D	R4	0

Dabei ist die Verbindung zum Netzknoten R4 der Ersatzweg bzw "Joker-Link" entsprechend den vorangegangenen Beispielen.

5 Dieser wird erst nach Ausfall aller vorangegangenen Verbindungen, im Beispiel zu Netzknoten R2, Netzknoten R3 und Netzknoten R6 verwendet. Die Verkehrsverteilungsgewichte könnten dann entsprechend angepasst werden, beispielsweise zu:

10 Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,4
D	R4	0

Bei Ausfall weiterer Verbindungen:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R4	0

Währenddessen bzw. nach Ausfall der letzten primären Verbindung kann ein Ersatzweg, beispielsweise über die Netzknoten

R7, R8, R9 berechnet bzw. ermittelt werden, gemäß Beispiel zu Figur 2:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R4	1
D	R7	0

5

Ebenso könnte der Ersatzweg über Netzknoten R7 bereits von vornherein in die Routing Tabelle eingetragen werden, gemäß Beispiel zu Figur 3:

10

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	0,5
D	R3	0,3
D	R6	0,2
D	R4	0
D	R7	0

15

Bei Ausfall einer oder aller primären Verbindungen können alle oder einzelne Ersatzwege verwendet werden, beispielsweise nach folgenden Routing-Tabelle:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,2
D	R4	0
D	R7	0,2

oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,2
D	R4	0,1
D	R7	0,2

5 oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R4	0,5
D	R7	0,5

Alle möglichen Kombinationen wären hier denkbar.

10

In den Ausführungsbeispielen können die Netzknoten Verbindungen zu weiteren nicht dargestellten Teilen des Datennetzes besitzen.

15

Ebenso können in den Verbindungen zwischen den Netzknoten Regen-
generatoren oder andere Netzelemente eingefügt sein.

20

Als paketvermittelndes Datennetz eignet sich für das beschriebene Verfahren insbesondere ein Internet Protokoll-Netz, kurz IP-Netz. Im Speziellen für die ausfallsichere Übertragung von Sprache über IP-Netze bzw. Voice over IP, kurz VoIP.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist primär für Multipath Routing bzw. Mehrwege Weiterleitung in IP Netzen vorgesehen. Es kann auch für andere Routing Verfahren, wie Shortest Path o.ä. eingesetzt werden.

5

Figur 5 zeigt eine schematische Anordnung eines erfindungsgemäßen Netzknotens R. Dieser weist vier bidirektionale Zugänge bzw. Ports P1 bis P4 auf. Über diese Zugänge erhält der Netzknoten R Datenpakete aus einem nichtdargestellten paketvermittelnden Datennetz, ähnlich einem Netz gemäß Figur 1 bis 4, die er zum Ziel weiterleiten bzw. weitervermitteln oder senden muss. Der Netzknoten R enthält eine Routing Tabelle RT, deren Inhalt bei zwei verschiedenen Zuständen als Routing Tabelle RT1 und Routing Tabelle RT2 dargestellt ist. Die Routing Tabelle RT weist drei Spalten auf. Die Spalte Z enthält einen Eintrag eines Ziels bzw. eines Zielknotens, im Beispiel das Ziel D. Die Spalte P enthält einen Eintrag über den nächsten Knoten oder den entsprechenden Zugang bzw. Port, über den das Ziel erreichbar ist. Im Beispiel sind die Ports P2 und P3 als Ausgänge zum Ziel D eingetragen. Die Spalte G enthält das für den Weg vorgesehene Verkehrsverteilungsgewicht.

Der Netzknoten arbeitet bspw. nach folgender Vorgehensweise. Ein Datenpaket enthält eine Zieladresse. Kommt ein Datenpaket im Netzknoten bzw. Router an, wird aus dem Datenpaket die Zieladresse ermittelt. Die ermittelte Zieladresse wird mit den Zieladresseinträgen in der Routing Tabelle verglichen. Aus der Routing Tabelle wird der entsprechende Ausgang bzw. Nächste Knoten ermittelt, an dem bzw. über den das Paket ausgesendet wird. Beispielsweise wird gemäß Routing Tabelle RT1 ein Datenpaket für das Ziel D über den Zugang bzw. Port P2 weitergesendet.

Das Ziel D ist in der ersten Routing Tabelle RT1 über die Zugänge P2 und P3 erreichbar. Erfindungsgemäß wird dem ersten bzw. primären Weg, der in diesem Fall über Port 2 führt, das

maximale Verkehrsverteilungsgewicht, z.B. 1 oder 100% zugewiesen. Der zweite bzw. sekundäre Weg erhält als Ersatzweg das minimale Verkehrsverteilungsgewicht, z.B. 0 oder 0%. D.h. er wird in der Routing Tabelle geführt, aber keine Datenpakte bzw. kein Verkehr über ihn ausgesendet.

Es kann auch eine andere Verkehrsverteilung über gegebenenfalls vorhandene andere Zugänge bzw. Ports erfolgen, analog den Beispielen zu Figur 1 bis 4.

Fällt im Beispiel der erste Weg über Zugang P2 aus, wird der zweite Weg über Zugang P3 verwendet, d.h. Datenpakete die vorher zum Ziel D über P2 gesendet wurden, werden nun über P3 zum Ziel D gesendet. Dies kann bspw. dadurch geschehen, dass der Eintrag für Zugang P2 aus der Routing Tabelle RT entfernt wird und der zweite Weg über Zugang P3 das maximale Verkehrsverteilungsgewicht erhält, wie in Routing Tabelle RT2 dargestellt. Die Erkennung eines Ausfalls einer Verbindung bzw. eines Weges und die Löschung der entsprechenden Einträge in der Routing Tabelle, sowie das Umlenken der Datenpakete zu einem anderen Zugang bzw. Port kann durch den Fachmann bekannte Mechanismen erfolgen, die Stand der Technik sind. Zudem kann durch bekannte Mechanismen ein Ersatzweg ermittelt werden, in diesem Fall über Zugang P4, der in die Routing Tabelle mit minimalen Verkehrsverteilungsgewicht eingetragen wird, entsprechend dem unteren Eintrag in Routing Tabelle RT2.

Die Routing Tabelle RT kann weitere Einträge zum gleichen oder anderen Zielen enthalten.

Als weitere Ausgestaltung kann ein Netzknoten grundsätzlich die Regel verwenden, dass er Pakete nicht auf derselben Verbindung zurückschickt, auf dem er sie empfangen hat. Diese Regel kann auch Knoten- statt Verbindungs- bzw. Link-bezogen eingesetzt werden: Ein Netzknoten schickt Pakete nicht zu demselben Netzknoten zurück, von dem er sie empfangen hat.

Verkehrsverteilungsgewichte können auch aus anderen Gründen auf Null gesetzt werden als zur Vermeidung von Schleifen im Normalbetrieb, d.h. ohne Linkausfall. Es kann z.B. sinnvoll

5 sein, eine Verkehrsverteilung auf kurze Wege zu beschränken, so dass keine Netzkapazität durch Führen von Paketen auf Umwegen verschwendet wird.

Das Ändern bzw. Hochsetzen des Verteilungsgewichtes für einen

10 Verbindung oder Pfad bzw. die Änderung des/der Hauptpfade kann, außer nach einem lokal erkannten Linkausfall, auch nach der Meldung eines Linkausfalls an anderer Stelle, durch ein anderes Protokoll, erfolgen. Dies könnte z.B. eine Meldung von einem Nachbarknoten sein, die angibt, dass er für ein gegebenes Ziel keinen direkten Weg mehr hat. Daraufhin können

15 einzelne oder alle Netzknoten eine Neuberechnung ihrer Wege zu bestimmten bzw. allen Zielen durchführen.

Eine Modifikation des Verfahrens könnte darin bestehen, dass

20 Verbindungen bzw. Pfade bereits dann genutzt werden, wenn bestimmte andere Wege nicht mehr verfügbar sind, die für potentielle Schleifen verantwortlich sind. Die Routing-Tabelle kann dann weitere Einträge enthalten, die angeben, welche Verbindungen ausgefallen sein müssen, damit das Verkehrsverteilungsgewicht für eine Verbindung auf einen Wert größer als Null gesetzt wird. Zusätzlich könnte die Tabelle für diesen Fall auch noch das dann zu verwendende Verkehrsverteilungsgewicht enthalten.

30 Das beschriebene Verfahren ist in gleicher Weise einsetzbar und einfach realisierbar, wenn mehr als zwei Netzknoten vor dem letzten Netzknoten zur Auswahl stehen. Auch in diesem Fall ist es sinnvoll, das Verfahren einzusetzen, da das zugrundeliegende Schleifenproblem auch in diesem Fall – wenn

35 auch nicht so offensichtlich – existiert.

Das beschriebene Verfahren kann in gleicher Weise an anderen Stellen im Netz eingesetzt werden, an denen sich das Problem ergibt, das unter Berücksichtigung der Schleifenfreiheit keine Verkehrsverteilung auf mehrere Pfade möglich ist.

5

Das Verfahren ist nicht auf eine verteilte Steuerung in jedem Netzknoten beschränkt. Es kann ein zentrales Netzmanagement vorgesehen sein, das jeweils aktualisierte Routing Tabellen oder Routing Informationen an jeden Netzknoten verteilt. Dies kann auch im Störungsfall, d.h. bei Ausfall von Verbindungen bzw. Übertragungswegen angewendet bzw. eingesetzt werden. Das Verfahren ist unabhängig von zentralem oder dezentral verteilten Netzwerkmanagement bzw. Routing Management einsetzbar.

15

Abschließend kann gesagt werden, dass das Setzen von Verteilungsgewichten auf Null in Routing-Tabellen eine schnelle lokale Reaktion auf Fehler ermöglicht und gleichzeitig kreisende Pakete verhindert.

20

Durch die in den Netzknoten lokal verwendete Entscheidungsregel - Hochsetzen des Verkehrsverteilungsgewichtes bei Ausfall eines Links oder bei entsprechenden Fehlerbedingungen - wird eine schnelle Reaktion ermöglicht, ohne dass vorher Ersatzpfade konfiguriert werden müssen oder eine Kommunikation zwischen Netzknoten nötig wäre.

25

Patentansprüche

1. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen ein erster und zweiter Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeweils dem ersten Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht und dem zweiten Übertragungsweg das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird, derart
dass Datenpakete im ungestörten Betrieb über den ersten Übertragungsweg und bei dessen Störung über den zweiten Übertragungsweg weitergeleitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges der zweite Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges ein dritter Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.
4. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen mindestens ein erster, zweiter und weiterer Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,

dadurch gekennzeichnet,
dass dem ersten Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht und dem zweiten und weiteren Übertragungsweg jeweils das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet

5 wird, derart dass Datenpakete im ungestörten Betrieb über den ersten Übertragungsweg und bei dessen Störung über wenigstens einen der anderen Übertragungswege weitergeleitet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

10 dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges wenigstens ein anderer Übertragungsweg ein vom minimalen Verkehrsverteilungsgewicht abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

15 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges mindestens ein zusätzlicher Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

20 7. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen mindestens ein erster, zweiter und wenigstens ein weiterer Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,

dadurch gekennzeichnet,
30 dass mindestens einem Übertragungsweg mindestens einer Zieladresse das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird und dieser Übertragungsweg erst bei Ausfall wenigstens eines Teils aller anderen Übertragungswege dieser Zieladresse zur Übertragung von Datenpaketen verwendet wird.

35

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei Ausfall wenigstens eines Teiles der Übertragungswege mit vom minimalen Verkehrverteilungsgewicht abweichenden Werten der wenigstens eine Übertragungsweg mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht ein davon abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall wenigstens eines Teils der Übertragungswege mit vom minimalen Verkehrverteilungsgewicht abweichenden Werten mindestens ein weiterer Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

10. 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzknoten so gesteuert wird, dass der Übertragungsweg, auf dem ein Netzknoten ein Datenpaket empfängt, für die Rückübertragung des selben Datenpaketes gesperrt wird.

15 20. 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass im paketvermittelnden Datennetz ein Multipath Routing Verfahren respektive Mehrwege Weiterleitungsverfahren angewendet wird.

25 30. 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als paketvermittelndes Datennetz ein nach dem Internet Protokoll betriebenes Netz verwendet wird.

35 30. 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens der Ausfall des ersten Übertragungsweges eines Netzknotens an wenigstens einen weiteren Netzknotens übermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Übermittlung mittels eines Protokolls erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass in wenigstens einem weiteren Netzknotens eine Neuberech-
nung mindestens eines Übertragungsweges mindestens einer
Zieladresse durchgeführt wird.
- 10 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass den in der Routing Tabelle eingetragenen Übertragungswa-
gen mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht mindestens ein
weiteres Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird, dass bei
15 Störung eines Übertragungsweges verwendet wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass den in der Routing Tabelle eingetragenen weiteren Ver-
20 kehrsverteilungsgewichten jeweils ein Übertragungsweg zuge-
ordnet wird und dieses Verkehrsverteilungsgewicht bei Ausfall
des zugeordneten Übertragungsweges verwendet wird.
18. Netzknoten für ein paketvermittelndes Datennetz, der eine
25 Routing-Tabelle für Einträge von Zieladressen aufweist, denen
Übertragungswege und Verkehrsverteilungsgewichte zugeordnet
sind, wobei wenigstens zwei Wege pro Zieladresse vorgehalten
sind,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
30 dass die Routing-Tabelle in der Weise aufgebaut ist, dass
mindestens einem Übertragungsweg einer Zieladresse das mini-
male Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet ist und mindestens
ein anderer Übertragungsweg ein vom minimalen Verkehrsvertei-
lungsgewicht abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht aufweist
35 und dass der Router derart steuerbar ist, dass bei Störung
mindestens eines Teils der Wege mit einem vom minimalem Ver-
kehrsverteilungsgewicht abweichenden Verkehrsverteilungsge-

wicht die Übertragung mindestens eines Teils der Pakete über den Weg mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht erfolgt.

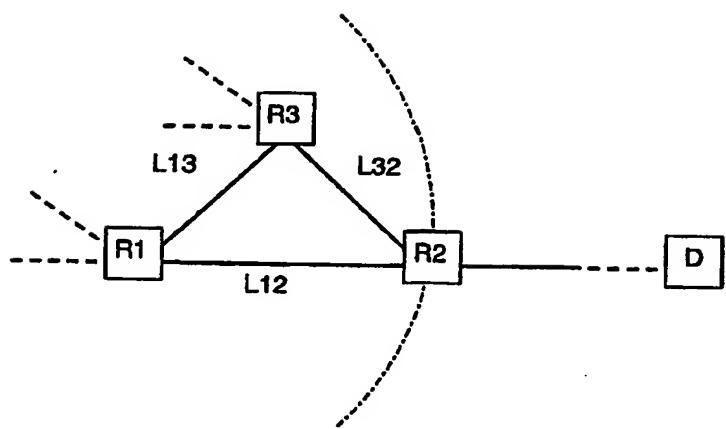
Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zum Routing von Datenpaketen in einem paketvermittelnden Datennetz

5 Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz. Hierbei wird in wenigstens einem Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen ein erster und zweiter Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angibt. Dabei wird jeweils dem ersten Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht und dem zweiten Übertragungsweg das 10 minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet. Im ungestörten Betrieb werden Datenpakete über den ersten Übertragungsweg und bei dessen Störung über den zweiten Übertragungsweg 15 weitergeleitet.

20 Figur 1

200220134
Win



Figur 1

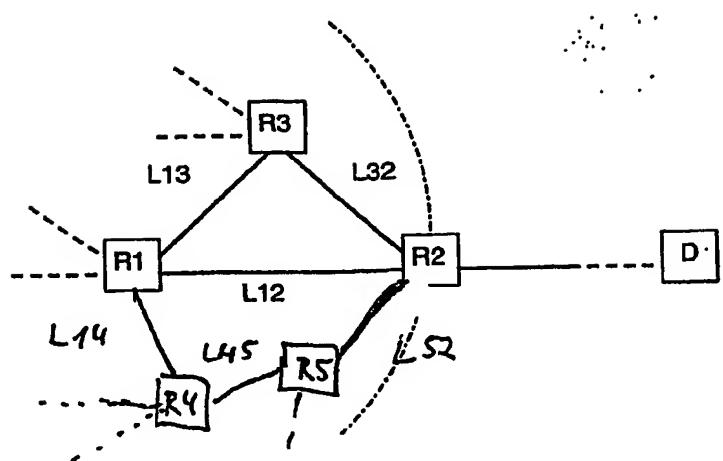


Figure 2

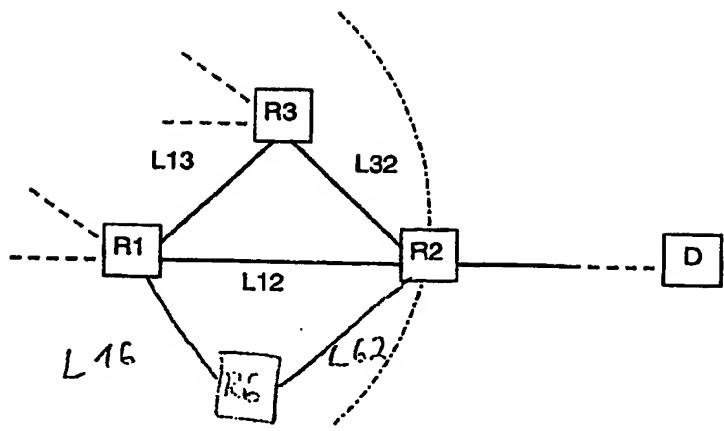
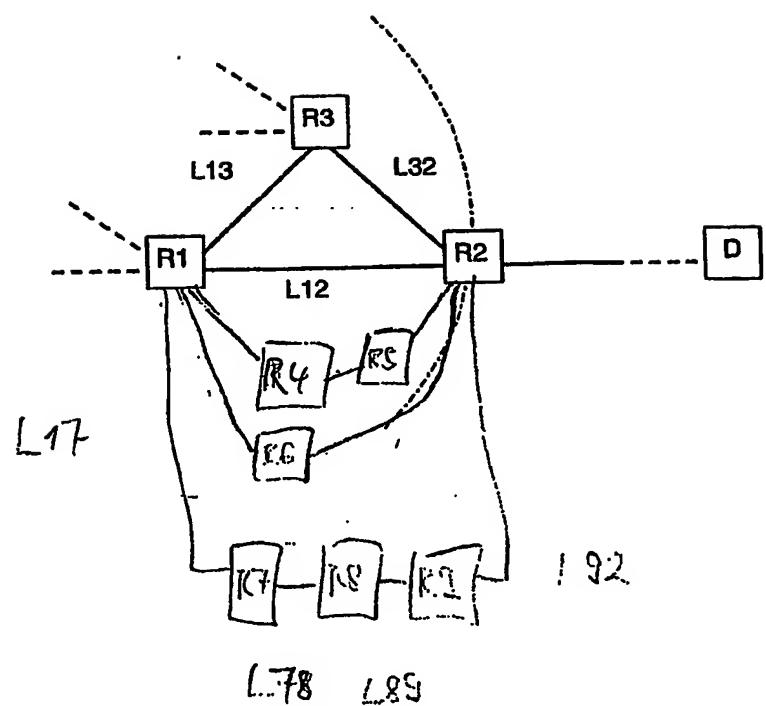


Figure 3



Figur 4

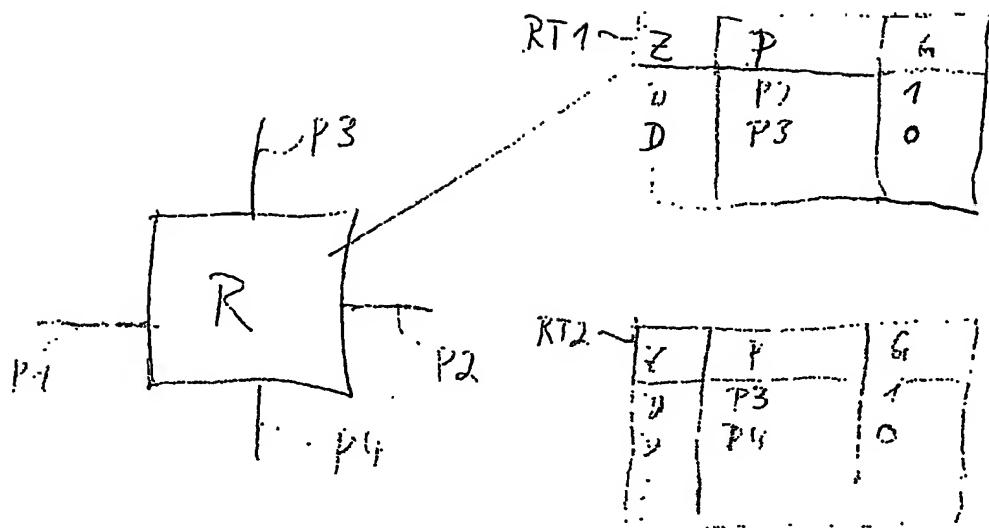


Fig. 5